

RANCANG BANGUN UNIT KONVEYOR DENGAN SISTEM KENDALI PADA MESIN GRADING BIJI PALA (*Myristica fragrans houtt*)

ORAL

Kristina Sitanggang, Totok Herwanto , Wahyu Kristian Sugandi

Universitas Padjadjaran: Jalan Raya Bandung – Sumedang km.21 Jatinangor

Telp. (022) 7798844, 7795780 Fax. (002) 7795780

Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Industri Pertanian Universitas Padjadjaran,
Sumedang (40600)

e-mail: kristinasitanggang543@gmail.com

ABSTRACT

Nutmeg (*Myristica fragrans Houtt*) Is a kind of spice with high economic value in the world market. Nutmeg can be utilized in a variety of industry sectors. Farmers nutmeg in Maluku are still using the traditional system or manual on post-harvest processing. Post-harvest processing done of pengkelasan or grading. Grading user has shortcomings in terms of time, uniformity, and accuracy. Automatic grading process needs to be done to facilitate the nutmeg farmers to increase production pengkelasan and nutmeg. The purpose of this study to devise wake carrier unit (Bucket-Conveyor) grading machine nutmeg and know the maximum speed needed to keep the engine capacity of 500kg / day can be achieved. The unit serves to deliver carrier of the nutmeg seed feeder unit to the image box and passed to the divider door. The method used is the engineering method. Process undertaken is to determine the basic design, functional design, structural design and analysis techniques, and then test the performance of the Bucket Conveyor. The results of this study are engineering unit engine carrier gradingnutmeg has the dimensions of length 1800 mm, width 300 mm and height of 600 mm. Components of the carrier unit that bucket, pvc belt, roller, and a divider plate. Results of testing capacity feeder unit with drive pulley rotational speed of 17 rpm. Actual capacity amounted to 199.4 eggs / min and a theoretical capacity of 204 rounds / minute which resulted in an efficiency of 97.53%. The process of automatic carrier using the machines can meet the production capacity of 500kg / day with an accuracy is more accurate than manual labor.

Keywords: Machine grading, bucket-conveyor, grading, nutmeg

ABSTRAK

Buah pala (*Myristica fragrans houtt*) merupakan jenis rempah dengan nilai ekonomi yang tinggi di pasar dunia. Buah pala mampu dimanfaatkan dalam berbagai sektor bidang industri. Petani biji pala di Maluku masih menggunakan sistem tradisional atau manual pada proses pasca panen. Proses pasca panen yang dilakukan yaitu pengkelasan atau grading. Grading manual memiliki kekurangan dari segi waktu, keseragaman, dan ketelitian. Proses grading secara otomatis perlu dilakukan untuk mempermudah petani pala untuk pengkelasan dan meningkatkan hasil produksi biji pala. Tujuan dari penelitian ini untuk merancang

bangun unit pembawa (Bucket-Conveyor) mesin grading biji pala dan mengetahui kecepatan maksimum yang dibutuhkan agar kapasitas mesin 500kg/hari dapat tercapai. Unit pembawa berfungsi untuk menghantarkan biji pala dari unit pengumpan menuju kotak citra dan diteruskan ke pintu pembagi. Metode penelitian yang digunakan adalah metode rekayasa. Proses yang dilakukan yaitu menentukan dasar perancangan, rancangan fungsional, rancangan struktural dan analisis teknik, kemudian dilakukan uji kinerja pada Bucket Conveyor. Hasil penelitian ini yaitu rancang bangun unit pembawa mesin grading biji pala memiliki dimensi panjang 1800 mm, lebar 300 mm dan tinggi 600 mm. Komponen dari unit pembawa yaitu bucket, belt pvc, roller, dan plat pembatas. Hasil pengujian kapasitas unit pengumpan dengan kecepatan putar puli penggerak sebesar 17 rpm. Kapasitas aktual sebesar 199,4 butir/menit dan kapasitas teoritis sebesar 204 butir/menit yang menghasilkan efisiensi sebesar 97,53 %. Proses pembawa otomatis menggunakan mesin dapat memenuhi kapasitas produksi 500kg/hari dengan ketelitian lebih akurat dibandingkan dengan tenaga manual.

Kata kunci: Mesin grading, *bucket-conveyor*, *grading*, biji pala

PENDAHULUAN

Pala (*Myristica fragrans Houtt*) merupakan salah satu komoditas dalam perdagangan rempah-rempah dunia dan produk unggulan ekspor dari Indonesia. BI (2004) mencatat Indonesia mencapai 60% dalam hal memenuhi kebutuhan pala dunia. Penyebaran pala berasal dari bagian utara Kepulauan Maluku khususnya Ambon dan Banda sehingga Indonesia dijuluki sebagai *center of origin* (Deryanti Dkk., 2014). Produksi buah pala di Indonesia mencapai 19,9 ribu ton per tahun (Nurdjanah, 2007). Ekspor pala ke pasar Eropa terdeteksi mengandung aflatoksin selama 16 tahun terakhir (2000-2016). Kasus ini menyebabkan 53 dari 80 (62%) kasus pala dari Indonesia ditolak (Supriadi, 2015). Aflatoksin merupakan senyawa metabolit sekunder yang bersifat toksik, diproduksi oleh strain tertentu jamur *Aspergillus flavus* dan *A. parasiticus* (Horn et al. 2000; Klich 2007). Aflatoksin berpotensi menyebabkan kerusakan hati, pengerasan hati (*cirrhosis*) dan kanker hati (*Hongkong Food dan Environmental Hygiene* 2001 dalam Paramawati et al 2006).

Perlakuan penting yang dilakukan setelah pala dipanen adalah *grading*. *Grading* adalah kegiatan pemilahan suatu bahan berdasarkan permintaan pasar atau konsumen atau berdasarkan nilai yang diinginkan konsumen (Zain Dkk., 1999). Penentuan kriteria mutu biji pala (*grading*) pala telah dikembangkan oleh Dinar Dkk (2013) dengan menggunakan teknologi pengolahan citra digital. Teknologi pengolahan citra digital membutuhkan mesin pemindah untuk menghantarkan biji pala menuju citra digital yang sesuai dengan karakteristik biji pala.

Model unit konveyor mesin *grading* biji pala ini memerlukan pertimbangan berdasarkan karakteristik fisik dari biji pala. Unit konveyor untuk memudahkan dalam

proses mengangkut biji pala dari *metering device*. Biji pala yang disalurkan ke atas konveyor selanjutnya diangkut menuju posisi pengambilan citra gambar dengan mengontrol kecepatan putaran konveyor. Jenis konveyor yang sesuai untuk memindahkan biji pala menuju pengolahan citra yaitu konveyor jenis *bucket*. *Bucket* berfungsi menghindari biji pala keluar dari konveyor dan memudahkan dalam pengambilan citra. Tujuan dari perancangan mesin ini adalah: 1). Merancang unit konveyor sebagai alat pemindah biji pala dari *metering device* menuju kotak citra pada mesin *grading* biji pala yang meliputi desain unit konveyor, komponen penggerak, dan pengujian secara fungsional. 2). Melakukan perancangan sistem kendali penggerak konveyor menggunakan motor *stepper* pada mesin *grading* biji pala

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Desember 2018 sampai Juni 2019, bertempat di Bengkel dan Logam, Kayu, dan Rotan Fakultas Teknologi Industri Pertanian Universitas Padjadjaran. Alat yang digunakan untuk perancangan unit konveyor yaitu mesin bubut, mesin frais, tachometer, *clamp on meter*, timbangan, pelipat plat, bor tangan, las listrik, software CAD dan kamera. Bahan yang diperlukan yaitu besi siku, pipa besi, baut, mur, bantalan, *Pulley*, plat alumunium, cat, *bucket*, dan sabuk *belt pvc*.

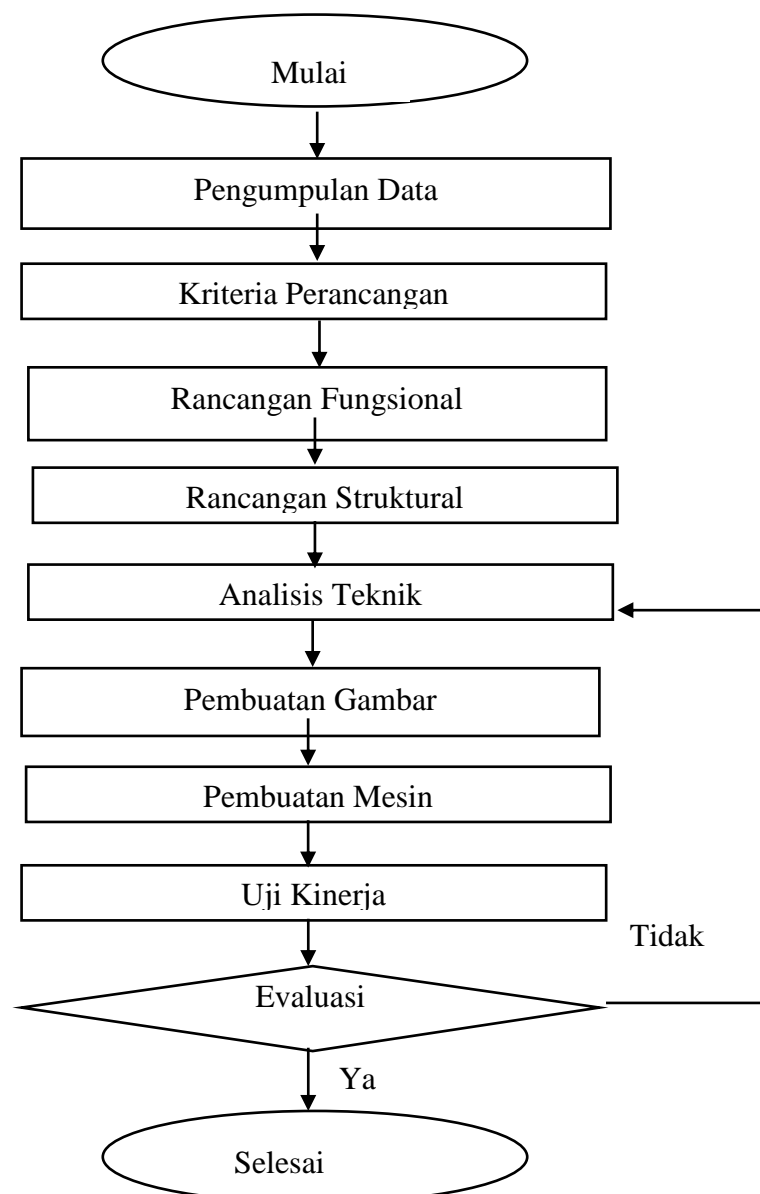
Metode penelitian yang digunakan adalah metode penelitian rekayasa, yaitu kegiatan penelitian yang tidak rutin. Perancangan unit konveyor mesin *grading* biji pala terdiri atas beberapa komponen utama, diantaranya adalah unit pengumpan, unit konveyor, unit pengambil citra gambar, dan unit pembagi. Perancangan unit konveyor dilaksanakan berdasarkan kriteria yang meliputi:

1. Tingkat keterisian *bucket* pada konveyor memiliki tingkat efisiensi >90%;
2. Jarak minimal antar biji pala yaitu 10 cm pada tiap *bucket*;
3. Dapat menyalurkan biji pala dari *metering device* pada tiap jalur dengan tingkat keberhasilan > 90 %;
4. Dapat mengantarkan pala dari unit *metering device* atau pengumpan melewati kotak citra dan ke unit pintu pembagi dengan kecepatan linier Konveyor.
5. Tidak terjadi kerusakan mekanis selama proses *grading*
6. Memiliki kapasitas mesin unit *Conveyor* yang akan dibangun diharapkan mencapai 500kg/hari dengan tiga jalur;

Analisis yang dilakukan untuk unit konveyor mesin grading biji pala dilakukan pada komponen penyusun rancangan, yaitu kebutuhan daya penggerak, unit transmisi, poros, pin, bearing, defleksi rangka, dan kekuatan las.

Pengujian dilakukan yaitu analisis jatuhnya biji pala dari unit pengumpan (*metering device*) ke dalam *bucket* konveyor, analisis kapasitas teoritis, kapasitas aktual, efisiensi mesin, tingkat keterisian *bucket* konveyor, dan daya aktual motor.

Pengujian dilakukan yaitu analisis jatuhnya biji pala dari unit pengumpan (*metering device*) ke dalam *bucket* konveyor, analisis kapasitas teoritis, kapasitas aktual, efisiensi mesin, tingkat keterisian *bucket* konveyor, dan daya aktual motor.



Gambar 1. Diagram alir prosedur penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Komponen Unit Komveyer

Pembuatan unit konveyor mesin grading biji pala secara mekanik dilakukan di Bengkel Logam, Kayu, dan Rotan Fakultas Teknologi Industri Pertanian Universitas Padjadjaran. Secara fungsional, unit konveyor mesin grading biji pala dimulai dengan memasukkan biji pala kedalam *hopper* atau bak penampungan secara curah. Biji pala yang berada di komponen penampung (*Hopper*) jatuh ke penyaringan berfungsi untuk memisahkan biji pala yang utuh dan pecah. Biji pala yang lolos saringan akan jatuh secara menggelinding. Biji yang lolos dipindahkan ke komponen penyalur dengan bantuan getaran untuk memaksimalkan pergerakan biji pala ke saluran pengarah.

Biji pala disalurkan secara horizontal melalui komponen penyalur sampai ke atas *bucket* konveyor. Biji pala selanjutnya dihantarkan menuju kotak citra untuk pengambilan gambar. Biji pala yang sudah melewati kotak citra pada pintu pembagi akan di salurkan untuk proses pemisahan kelas secara mekanis lalu jatuh pada keranjang biji pala (Gambar 2).

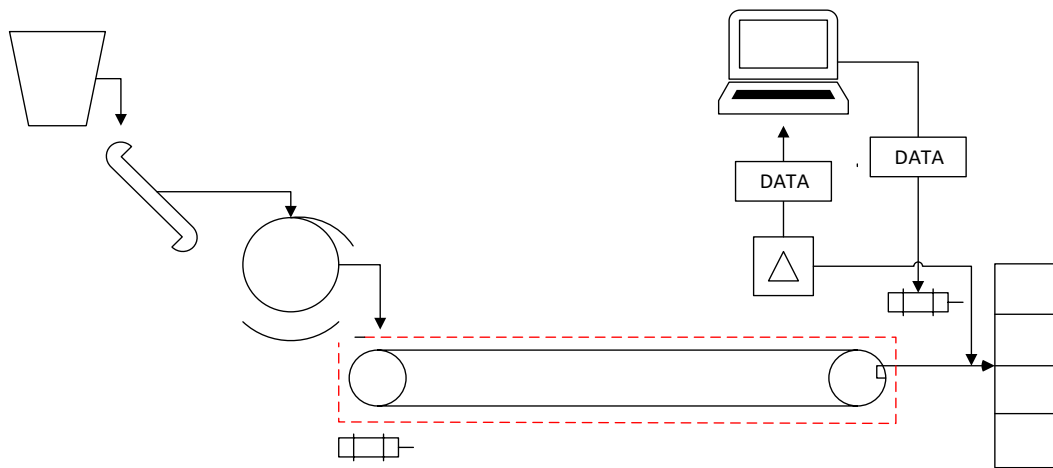
Unit konveyor mesin grading biji pala terdiri dari beberapa komponen utama yaitu rangka mesin, *belt*, *bucket*, dan roller.

a. Rangka mesin

Rangka berfungsi untuk menopang beban keseluruhan mesin, yaitu: Unit Pembawa, unit kotak citra, Komponen sistem transmisi, dan motor listrik. Rangka konveyor terdiri dari besi siku dengan ukuran 35 mm × 35 mm × 3 mm. Dimensi rangka yaitu: panjang 1800 mm, lebar 300 mm, tinggi kolom 600 mm. Panjang rangka ditentukan dari perhitungan kapasitas yang akan dicapai oleh konveyor ini, lebar rangka disesuaikan dengan panjang *bucket* yang akan dipasang, sedangkan tinggi kolom rangka diatur sesuai dengan nilai- nilai antropometri, sehingga operator tidak mengalami kesulitan ketika mengatur posisi biji pala. Rangka bagian bawah dipasang dudukan untuk motor listrik. Jenis frame yang digunakan untuk membuat dudukan motor ini yaitu besi “U” ukuran 80 mm × 45 mm × 5 mm.

b. Unit pembawa

Unit pembawa berfungsi untuk mengantarkan biji pala dari unit pengumpan ke pintu pembagi. Komponen utama unit pembawa yaitu: a) *Belt*, b) *Bucket*, c) *Roller* dan d) *plat* penahan. Unit pembawa mesin grading biji pala dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 2. Mekanisme Kerja Mesin Grading Biji Pala.



Gambar 3. Unit Pembawa Mesin Grading Biji Pala.

Belt yang dipasang terbuat dari material *pvc*. *Belt* dari material *pvc* memiliki kelebihan yaitu tahan lama, fleksibel, mudah dikerjakan, tingkat kebisingan yang rendah dan harga yang terjangkau. Panjang *belt* yang dipasang sepanjang 160 mm dengan ketebalan 3 mm yang dilapisi oleh kain karpet dengan ketebalan 2 mm. *Belt* dipasang untuk mempermudah pemasangan *bucket* (Gambar 4). *Bucket* yang dipasang pada konveyor berjumlah 30 buah.

Roller pada poros penggerak terbuat dari pipa besi dengan diameter 60 mm dan panjang 350 mm. Batang poros dipasang pada pipa berdiameter 18 mm dan panjang 500 mm dengan pertimbangan gaya beban yang bekerja pada poros. Batang poros berfungsi meneruskan tenaga bersama-sama dengan putaran yang ditransmisikan oleh puli penggerak. *Roller* dipasang 3 buah dengan jarak masing-masing 380 mm. Satu *Roller* berfungsi sebagai *head pulley*. *Roller* yang dipilih memiliki diameter 60 mm dengan

panjang 300 mm. Posisi ketinggian *head pulley* dengan *drive pulley* haruslah sama satu dengan *roller* yang lain, dan pemasangan *belt* harus sejajar karena hal ini dapat mempengaruhi laju *belt*. Ketinggian *roller* yang tidak sama satu dengan yang lainnya menyebabkan laju *belt* terhambat, macet, dan dapat merusak *bucket*. Oleh karena itu pengencangan *belt* pada poros haruslah dilakukan dengan teliti dan hati-hati.

c. Unit transmisi

Sistem transmisi yang dipilih untuk meneruskan daya pada konveyor ini adalah puli-sabuk. Alasan dipilihnya puli-sabuk karena jarak pusat antar puli pada sistem transmisi ini relatif dekat. Sabuk dapat meredam beban kejutan ketika motor dinyalakan terutama pada motor yang berdaya besar dan lebih mudah dipasang dan dibongkar.

Motor penggerak yang dipakai adalah motor *stepper* dengan torsi 60 kg dan mempunyai kecepatan putar 30 Rpm. Daya ini diteruskan ke puli yang dipakai untuk putaran keluaran dari penggerak diteruskan oleh sabuk-v jenis A ukuran 40 inci ke puli pereduksi.

Ukuran sabuk-v ini ditentukan oleh diameter kedua puli yang dihubungkannya dan jarak antar pusat puli. Jarak antar pusat puli motor dan puli pereduksi sepanjang 300 mm. Puli pereduksi yang dipakai yakni puli jenis A satu jalur sabuk, berdiameter 8 inci. Diameter puli pereduksi ini ditentukan dari kecepatan linier *belt* yang diinginkan, jika diameter puli pereduksi diperkecil maka kecepatan linier *belt* semakin cepat, sebaliknya jika kecepatan linier *belt* ingin lebih lambat maka diameter puli pereduksi harus diperbesar. Posisi puli pereduksi berada pada sumbu poros yang sama dengan *roller*, sehingga kecepatan putarnya pun akan sama besar.



Gambar 4. Bucket.

B. Kapasitas Aktual *Bucket Conveyor*

Kapasitas aktual *Bucket conveyor* didapat dengan cara menghitung jumlah biji pala yang dapat diantarkan per satuan waktu. Pengujian kapasitas aktual dilakukan sebanyak lima kali pengulangan. Pengulangan dilakukan berdasarkan jumlah biji pala yang tersedia untuk diuji.

Tabel 1 menunjukkan hasil kapasitas pengumpanan diperoleh rata rata efisiensi 97,53 %. Hal tersebut sudah memenuhi kriteria perancangan yang telah ditentukan. Hal ini membuat unit pengumpan dapat mencapai kapasitas produksi 500 kg/jam dengan proses pengumpanan yang baik.

Tabel 1 menunjukkan hasil kapasitas pengumpanan diperoleh rata rata efisiensi 97,53 %. Hal tersebut sudah memenuhi kriteria perancangan yang telah ditentukan. Hal ini membuat unit pengumpan dapat mencapai kapasitas produksi 500 kg/jam dengan proses pengumpanan yang baik. Pengujian kapasitas yang dilakukan dengan menyesuaikan kecepatan putar metering device dengan kecepatan putar konveyor untuk mendapatkan kombinasi kecepatan putar yang paling optimal. Kecepatan putar yang diambil sampel yaitu 13 rpm, 14 rpm, 15 rpm, 16 rpm dan 17 rpm. Kecepatan putar 13 rpm hingga 16 rpm tidak sesuai karena biji pala jatuh tidak tepat pada *bucket*. Berdasarkan uji coba, kecepatan putar yang optimal untuk jatuhnya biji pala tepat pada *bucket* adalah sebesar 17 rpm.

C. Tingkat Keterisian *Bucket*

Tingkat keterisian *bucket* untuk memastikan tiap biji pala yang disalurkan *metering device* jatuh pada tiap *bucket*. Ketepatan biji pala sesuai pada *bucket* perlu kesesuaian dalam pabrikasi. Permukaan *bucket* sangat mempengaruhi jatuhnya biji pala, sesuai dengan karakteristiknya yang hampir bulat. Jarak yang sesuai antara corong *metering device* 5 cm di atas permukaan *bucket conveyor*. Pengaturan jarak dilakukan untuk menghindari kerusakan mekanis dan bergelindingnya biji pala saat dijatuhkan *metering device*. Tingkat keterisian *bucket* sangat dipengaruhi oleh tingkat keterisian *metering device* dan kecepatan putar konveyor. Berdasarkan pengujian keterisian *Bucket* dengan kecepatan putar *metering device* 17 rpm dan kecepatan putar penggetar 530 rpm serta kecepatan putar konveyor 17 rpm. Didapatkan hasil efisiensi dari jalur pertama yaitu 77,92 %, jalur kedua sebesar 98,52% dan jalur 3 efisiensinya sebesar 100 %. Jika dirata-ratakan maka dihasilkan efisiensi 92,15 %. Berdasarkan hasil yang diperoleh dapat ditarik kesimpulan Tingkat keterisian bucket sangat dipengaruhi *metering device* baik untuk jumlah per lubang *bucket*. Jarak *bucket* dengan corong *metering device* yang

sesuai sebesar 50 mm dan kecepatan putar yang optimal 17 rpm. Kecepatan yang melebihi 17 rpm akan mempengaruhi jatuhnya biji pala keatas *bucket*.

Data pada Tabel 2 menunjukkan bahwa kebutuhan daya konveyor pada saat kondisi beban kosong berkisar antara 0,14 sampai 0,16 kW. Daya pada kondisi beban penuh berkisar antara 0,15 sampai 0,17 kW. Hasil tersebut menunjukkan bahwa terjadi peningkatan kebutuhan daya karena adanya daya yang bekerja pada proses pengantaran biji pala. Motor listrik yang digunakan pada konveyor memiliki daya sebesar 0,17 kW, sehingga cukup untuk memenuhi kebutuhan daya mesin.

E. Sistem Transmisi

Sistem transmisi terdiri dari komponen-komponen yang berfungsi untuk menyalurkan daya. Perhitungan rekayasa sistem transmisi ini menggunakan nilai kecepatan linear konveyor ($0,13 \text{ m/s}^2$) sebagai kriteria awal untuk mendapatkan nilai-nilai parameter transmisi yang lain.

Tabel 1. Kapasitas Aktual Konveyer.

n	Bahan Masuk (Hopper)		Waktu (menit)	Bahan Keluar (metering device)		Bahan Terbuang		Kapasitas Aktual		Efisiensi (%)
	(gr)	(butir)		(gr)	(butir)	(gr)	(butir)	(gr/ menit)	(butir / menit)	
1	664	205	1	657	202	5	2	657	202	99,00
2	664	205	1	637	197	28	7	637	197	96,56
3	664	205	1	652	201	14	3	652	201	98,52
4	664	205	1	637	198	20	6	637	198	97,05
5	664	205	1	645	199	16	5	645	199	97,54
Rata-Rata	664	205	1	645,6	199,4	16,6	5,2	645,6	199,4	97,534

Tabel 2. Pengukuran Daya Aktual.

n	P (Watt)	
	Tanpa Beban	Dengan Beban
1	16,01	17,03
2	15,66	15,77
3	15,53	15,55
4	16,33	16,34
5	16,99	16,99
\bar{x}	16,104	16,336

Kecepatan putar motor *stepper* (N_{motor}) yang digunakan yakni 30 rpm. Diameter puli (D_1) yang terpasang pada poros keluaran motor yakni 3,9 inci dan diameter *roller* penggerak (D_3) yang digunakan sebesar 70 mm dengan besar puli poros sebesar 8 inci. Sedangkan jarak antar pusat puli (C) yang dihubungkan sabuk-v sepanjang 300 mm.

F. Analisis poros

Poros utama yang dipasang pada mesin *bucket conveyor* terdapat dua buah, yaitu poros *driver* dan poros *driven*. Poros *driver* merupakan poros tempat puli pereduksi dipasangkan yang letaknya berkaitan langsung dengan putaran motor penggerak. Poros *driven* adalah poros yang sifatnya menunjang putaran poros *driver* sehingga membentuk lintasan *bucket conveyor*. Diameter poros *driver* sebesar 18 mm dan diameter poros *driven* sebesar 60 mm

G. Analisis Pin

Pin merupakan komponen mesin yang berfungsi untuk mengencangkan bagian mesin agar tidak bergeser. Berdasarkan hasil perhitungan diameter pin minimum yang dapat digunakan pada poros puli pereduksi adalah 4,49 mm, sedangkan pin yang dipasang pada kenyataannya adalah 5 mm. Ukuran diameter pin yang digunakan lebih besar dari diameter minimal hasil perhitungan, maka pin aman untuk digunakan dan telah memenuhi kelayakan teknis.

H. Analisis Bearing

Bantalan atau *bearing* berfungsi sebagai penopang gaya yang bersumber dari putaran poros dan komponen mesin. Putaran yang terjadi dapat berlangsung secara halus dan aman. Bantalan transmisi yang digunakan pada poros yaitu *Pillow Block Bearing* jenis UCP P205 sebanyak 2 buah dengan spesifikasi kapasitas nominal dinamik spesifik 1.100 kg.

Berdasarkan hasil perhitungan, umur *bearing* pada poros *driver* dan poros *driven* masing-masing 7.443.468,000 Jam dan 1.0742475×10^{10} Jam. Perawatan pada *bearing* bisa dilakukan dengan memberikan pelumas pada *bearing* sehingga dapat menambah umur pakai dan mengurangi bunyi dan getaran ketika mesin bekerja.

I. Defleksi Rangka

Besar lendutan yang dihasilkan pada rangka bagian atas sebesar 0,076 mm. berdasarkan besar nilai lendutan yang dihasilkan dapat menyangga rangkadengan aman. Menurut Singer (1995), lendutan yang terjadi pada rangka tidak bisa melebihi 1/300 panjang rangka tersebut. Adapun panjang baris bagian atas adalah 300 mm, dengan

demikian $1/300$ panjangnya adalah 1 mm. Lendutan yang terjadi lebih kecil dari batas yang diizinkan, maka rangka dapat menyangga beban dengan aman. Besarnya lendutan pada rangka dudukan motor *stepper* bagian bawah adalah 0,0051 mm. Jika lendutan yang terjadi lebih kecil dari batas yang diizinkan, maka rangka bagian bawah juga dapat menopang beban dengan aman.

Beban kritis yang mampu ditopang oleh kolom rangka adalah 51737,4 N, adapun beban aman adalah $F_{Cr} > P$. Jika Beban yang ditopang oleh kolom lebih kecil dari beban aman, maka kolom rangka telah memenuhi kelayakan teknis dan aman untuk digunakan.

KESIMPULAN

1. Unit konveyor mesin *grading* biji pala telah berhasil dibuat untuk menghantarkan biji pala satu persatu secara konstan dari *conveyor* ke pintu pembagi dengan dimensi 1500 mm x 600 mm x 300 mm;
2. Kecepatan putar yang paling optimal antara *metering device* dan penggetar dan konveyor terhadap kapasitas yang dihasilkan adalah 17 rpm, 530 rpm dan 17 rpm;
3. Kapasitas aktual rata-rata unit konveyor mesin *grading* biji pala untuk mencapai kapasitas produksi 500 kg/hari sebesar 199,4 butir/menit, sehingga rata-rata efisiensi unit konveyor sebesar 97,534 %.
4. Total kebutuhan daya rata-rata unit konveyor pada kondisi tanpa beban sebesar 16,32 watt sedangkan dengan beban sebesar 16,33 watt.
5. Rata-rata tingkat keterisian *bucket conveyor* dipengaruhi *metering device* dengan kecepatan putar *metering device* 17 rpm, penggetar sebesar 530 rpm dan konveyor 17 rpm pada tiga jalur dengan efisiensi sebesar 97,8 %.

DAFTAR PUSTAKA

- [BI] Bank Indonesia. 2004. *Sipuk Bank Sentral Republik Indonesia. Pola Pembiayaan Usaha Kecil (PPUK) Industri Manisan Buah Pala*. (terhubung berkala) <http://www.bi.go.id/sipuk/id/lm/pala/keuangan.asp> [18 Desember 2018].
- Deryanti T, Ervizal A.M., Rinekso S. 2014. Konservasi pala (*Myristica fragrans* Houtt) suatu analisis tri stimulus amar pro-konservasi kasus di kabupaten bogor. *Fakultas Kehutanan IPB Media Konservasi* Vol. 19, No. 1 April 2014: 47 – 56
- Dinar, Latifa dkk. 2013. *Kajian Standar Nasional Indonesia Biji Pala*. *Jurnal Standardisasi* Volume 15 Nomor 2, Juli 2013: Hal 83 – 90. Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Gadjah Mada.

- Klich, M.A. 2007. *Aspergillus flavus: the major producer of aflatoxin*. *Molecular Plant Pathol.* 8, 713–722.
- Nurdjannah. N. (2007). *Teknologi Pengolahan Pala. Badan Penelitian dan Pengembangan Pascapanen Pertanian*.
- Parmawati, R., P. Widodo, U. Budiarti and Handaka. 2006. *The role of postharvest machinerics and packaging in minimizing aflatoxin contamination in peanut*. *Indonesian J. Agric. Sci.* 7(1):15–19.
- Singer, F. L., Andrew, P. and Darwin, S. 1995. *Kekuatan Bahan (Teori Kokoh_Strength of Material)*. Edisi ketiga. Erlangga, Jakarta.
- Supriadi. 2015. *Aflatoxin of Nutmeg in Indonesia and its Control (Aflatoksin pada Pala di Indonesia dan Pengendaliannya)*. Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat Indonesian Spices and Medicinal Crops Research Institute Perspektif Vol. 16 No. 2 /Des 2017. Hlm 102-110 DOI: <http://dx.doi.org/10.21082/psp.v16n2.2017.102-110> ISSN: 1412-8004.
- Zain, S., U. Suhadi, Sawitri U. Ibrahim. 2005. *Teknik Penanganan Hasil Pertanian*. Gratuna, Bandung.